

ПОСТРОЕНИЕ ГЕОСЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ INTERNET OF THINGS



К.С. Дик
*Utech LLC location
– Madison*



И.С. Терех
*Руководитель проектов,
Theseus Lab s.r.o., кандидат
технических наук*



Е.А. Криштопова
*Доцент кафедры инженерной
психологии и эргономики
БГУИР, кандидат техниче-
ских наук, доцент*

Utech Solution Inc, USA

Theseus Lab s.r.o., Czech Republic

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

E-mail: constantine.dzik@utechdata.com, it@theseuslab.cz, zam_po@mrk-bsuir.by

Abstract. The rapid growth of the number of user devices containing miniature sensors and having the ability to geolocation, laid the basis for the development of the deploying of geosensor networks. Such networks are capable of accumulating the huge amounts of data on various physical phenomena relative to the considered spatial and time intervals. Geosensor networks can provide the collecting and automatic processing of environmental data, allow to make the decisions to preserve it, predict natural disasters and ensure control over the consequences of technogenic disasters. The construction of geosensor network on hardware equipment of heterogeneous Internet of Things devices with their integration over the Internet using open OGC standards for data exchange about the state of the environment is considered.

Рост антропогенной нагрузки на окружающую среду приводит к ее существенному изменению. Современный мир характеризуется высоким риском техногенных катастроф и жесткими требованиями к их своевременному предупреждению и реагированию на природные стихийные бедствия.

Окружающая среда неоднородна и динамически изменяется, поэтому ее мониторинг требует высокого временного и пространственного разрешения. В течение последнего десятилетия феноменальный рост инфокоммуникационных технологий и технологий зондирования оказал существенное влияние на сферу наук о Земле.

Экологические проблемы имеют глобальный характер. Для эффективного понимания и мониторинга окружающей среды необходимы интегрированные данные из разнородных источников по всему миру. Другими словами, необходима открытая, масштабируемая, гибкая и устойчивая инфраструктура.

Современные модели миниатюрных недорогих датчиков с батарейным питанием, с поддержкой беспроводной цифровой связи представляют значительные возможности для решения задач наблюдения и управления. С ростом краудфандингового движения в мире, повсеместной цифровизации человеческого социума, популярности одноранговых сетей интересной видится возможность привлечения каждого отдельно пользователя к контролю параметров окружающей среды через его персональные коммуникационные устройства, оснащенные геолокационными и другими датчиками.

Геосенсор (геодатчик) - устройство, содержащее сенсоры (датчики) для снятия показаний с физического окружения с возможностью геопозиционирования точки снятия данных.

Геосенсорные сети (GeoSensor Networks - GSN) - это специализированные приложения технологий беспроводных сенсорных сетей в географическом пространстве, которые поддерживают геопозиционирование, наблюдают за изменениями и отслеживают перемещения явлений и процессов окружающей среды [1]. GSN могут обеспечить генерацию данных с высоким пространственным и временным разрешением, измерение разнообразия экологических данных и автоматизацию операций их обработки, повысить релевантность мониторинга окружающей среды. Учитывая эти особенности, GSN являются важной частью технологий, связанных с сенсорными сетями, а также многих новых концепций, в частности Internet of Things (IoT).

Интернет вещей (Internet of Things - IoT) — методология вычислительной сети физических предметов («вещей»), оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой [2], рассматривающая организацию таких сетей как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы, исключаящее из части действий и операций необходимость участия человека [3].

Узлы со встроенными геосенсорами, разнородны с точки зрения аппаратных возможностей и протоколов связи, что усложняет возможность их участие в сценариях IoT. Поэтому обеспечение их совместимости является важным шагом для объединения различных устройств в геосенсорную сеть.

Учитывая эти трудности, международная некоммерческая организация по разработке стандартов в сфере геопространственных данных и сервисов Open Geospatial Consortium (OGC) [4], объединяющая 521 компанию, орган государственного управления и учебное заведение, предложила структуру открытых стандартов для использования подключенных к сети датчиков и сенсорных систем всех типов.

В данной работе обсудим, как сети геодатчиков могут быть интегрированы в Интернет, чтобы обеспечить задачи мониторинга окружающей среды, рассмотрим концепцию IoT и архитектуру слоев IoT для мониторинга экологических данных в режиме реального времени с использованием интегрированных в веб-сеть сенсоров.

Интернет вещей можно определить как динамическую глобальную сетевую инфраструктуру с возможностями самоконфигурирования на основе стандартных и совместимых протоколов связи, где физические и виртуальные «вещи» имеют идентификационные данные, физические и виртуальные атрибуты и используют интеллектуальные интерфейсы, а также легко интегрируются в инфокоммуникационные сети.

Благодаря использованию Интернет-интерфейсов и доступу к глобальной сети, IoT не ограничивается какими-либо физическими границами. Кроме того, его функционирование в режиме реального времени обеспечивает не только эффективный мониторинг окружающей среды, но также и возможности для международного сотрудничества, например, Глобальная система систем наблюдения Земли (ГЕОСС) и создание «умной Земли».

Внедрение парадигмы IoT в реальный мир требует новых технологий как на уровне сбора данных, так и на уровне сетевого взаимодействия. Наиболее часто используемыми технологиями на уровне сбора данных являются сенсорные сети, радиочастотная идентификация (RFID) и двумерные коды, Bluetooth, беспроводные локальные сети (WLAN) и Интернет - решения для сетевого взаимодействия. Сенсорные сети играют большую роль в большинстве приложений IoT, но гетерогенность в каждой сети с точки зрения аппаратных возможностей и протоколов связи влечет за собой использование множества разнообразных стандартов, например IEEE 802.15.4 и 6LowPAN [5]. В этом контексте консорциум OGC разработал инициативные стандарты встраиваемых в веб-сеть сенсоров Sensor Web Enablement (SWE), которые обеспечивают всестороннюю поддержку использования GSN в реализациях IoT [6]. Кодировки XML и сервисные интерфейсы для обнаружения, доступа и обмена любыми типами данных датчиков предложены в [7].

Разработанный OGC инициативный набор стандартов SWE обеспечивает совместимое

использование сенсорных ресурсов в унифицированном режиме. Эта инфраструктура позволяет локализовать, получать доступ, ставить задачи, а также оповещать о событиях в геосенсорной сети (Sensor Web). Таким образом, Sensor Web выступает в качестве инфраструктуры для сенсорных ресурсов, как и WWW для общих источников информации, что позволяет пользователям легко делиться своими геоинформационными ресурсами. Таким образом, SWE можно рассматривать как эффективное решение для сценариев IoT, связанных с сетями геодатчиков.

Модель интерфейса SWE состоит из следующих компонентов: служба наблюдения за датчиками (SOS), служба событий датчиков (SES), служба планирования датчиков (SPS) и служба веб-уведомлений (WNS). Наблюдения и измерения (O&M), язык моделей датчиков (SensorML), язык разметки датчиков (TML) относятся к информационной модели SWE, которая определяет модели данных главным образом для кодирования наблюдений датчиков и метаданных датчиков [8].

Наличие миллионов устройств, которые интегрируются или могут быть интегрированы в IoT, подразумевает необходимость стандартизации. Существует настоятельная потребность в адекватной архитектуре IoT, которая позволяет легко подключаться, управлять, обмениваться информацией и пользоваться полезными приложениями в рамках IoT. В настоящее время над стандартами для IoT работают независимо две рабочие группы крупнейших организаций по стандартизации – рабочая группа IEEE P2413 [9] и рабочая группа “Working Group on Internet of Things (WG10)” ISO/IEC [10].

Предлагаемая ISO/IEC [10] архитектура включает следующие уровни (рисунок 1):

Уровень устройства (Device Layer) отвечает за получение данных из физического мира, т.е. за свойства аппаратных устройств и свойства шлюза.

Сетевой уровень (Network Layer) отвечает за передачу данных. Фактически, этот слой отвечает за совместимость уровня устройства и прикладного уровня.

Уровень поддержки сервисов и поддержки приложений (Service support and Application Support Layer) отвечает за общие и специфические возможности поддержки сервисов и приложений.

Уровень приложения (Application Layer) предоставляет услуги или приложения для интеграции или анализа информации, полученной от предыдущих уровней.

Подобно WWW сенсорная сеть включает в себя три уровня – уровень данных (Data Layer), уровень веб-сервиса (Web Service Layer) и уровень приложений (Application Layer). Уровень данных в свою очередь может быть разделен на уровень физической среды (Physical Layer) и уровень сенсоров (Sensor Layer). Уровень данных обеспечивает наблюдение за параметрами окружающей среды и передает данные сенсоров уровню веб-сервиса. Уровень веб-сервиса обеспечивает доступ уровню приложения для извлечения кэшированных сенсором данных. Стековая структура сенсорной сети показана на рисунке 2 [11].

Системы управления сетью датчиков строятся на беспроводных сенсорных сетях (Wireless Sensor Networks - WSN) с использованием протоколов маршрутизации, оптимизации внутрисетевой связи и локализации датчиков в сети. Сенсорные веб-инфраструктуры обеспечивают доступ к ресурсам датчиков в Интернете и делают датчики доступными уровню приложений, создавая сенсорные веб-инфраструктуры. В этом классе некоторые соответствующие подходы используют стандарты SWE для обеспечения интероперабельного доступа к данным датчикам. Сенсорные веб-порталы обеспечивают доступность ресурсов сенсорных данных на уровне приложений и делают возможным для пользователей загружать и обмениваться данными с датчиками в нескольких форматах, например, числовых данных (например, измерения температуры), аудио- и видеоданных (например, данные веб-камер).

Архитектура геосенсорных сетей строится как онлайн платформа для сенсорной сети. Используя геосенсорные сети, пользователь может маневрировать сенсорным веб-браузером, используя виртуальную глобальную 3D или 2D карту, исследовать, визуализировать, получать

доступ и распространять гетерогенную и территориально распределенную информацию с сенсорных источников и другие связанные с ними данные. На рисунке 3 показана примерная архитектура геосенсорной сети GeoCENS (The Geospatial Cyberinfrastructure for Environmental Sensing) на базе инициативных стандартов OGC, которая обеспечивает упрощенный и эффективный поиск, публикацию, доступ к данным датчиков и совместное использование данных [13]. Подобно WWW, любой пользователь может построить и развернуть сенсорные веб-службы для размещения данных датчиков. Так как сенсорные веб-сервисы могут быть доступными по всему миру и не зарегистрированными ни в одном каталогизированном сервисе, очевидным становится необходимость поисковой машины для геосенсорной сети.

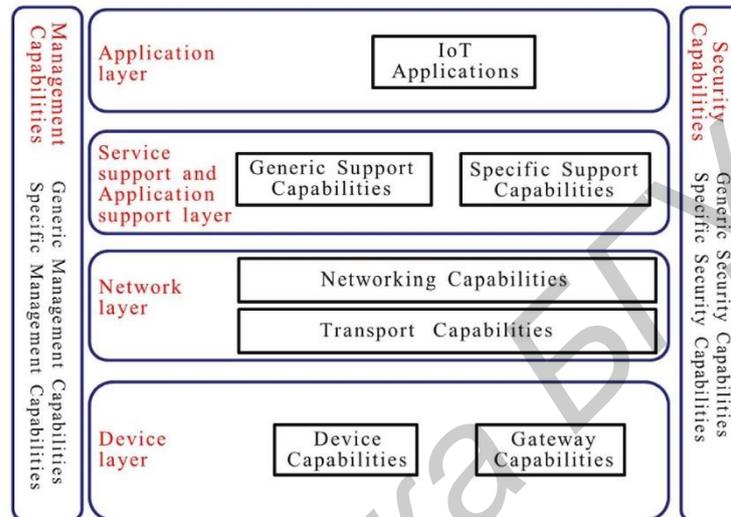


Рис. 1. Архитектура IoT согласно предложениям ISO/IEC [13]

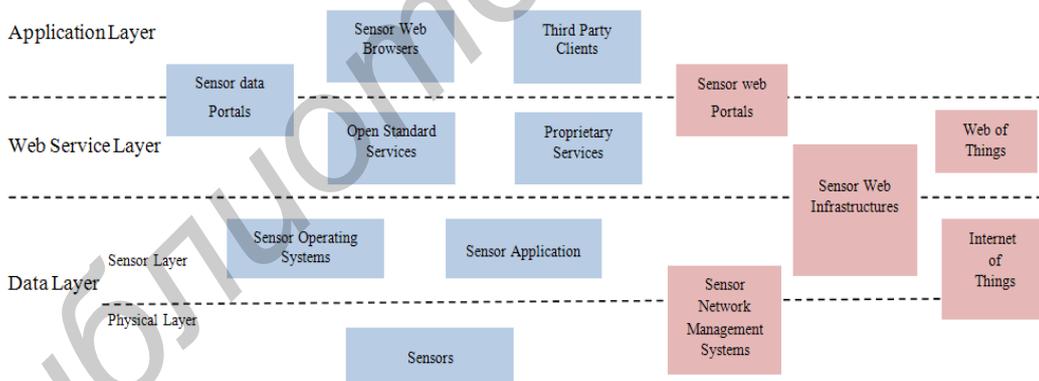


Рис. 2. Стек уровней сенсорной сети и место IoT в нем

Поскольку геодатчики оснащены различными средствами измерения параметров окружающей среды, например, температура, давление, влажность, скорость и направление ветра, а также наличие некоторых опасных загрязнителей (CO_x , NO_x , PM_x , SO_2), геосенсорные сети хорошо подходят для мониторинга окружающей среды, например для контроля загрязнения атмосферы. Сети геодатчиков с возможностью абсолютного или относительного позиционирования, а также сбора данных в режиме реального времени и точных данных с высоким пространственным и временным разрешением, имеют большой потенциал для предоставления геопространственной информации конечным пользователям.

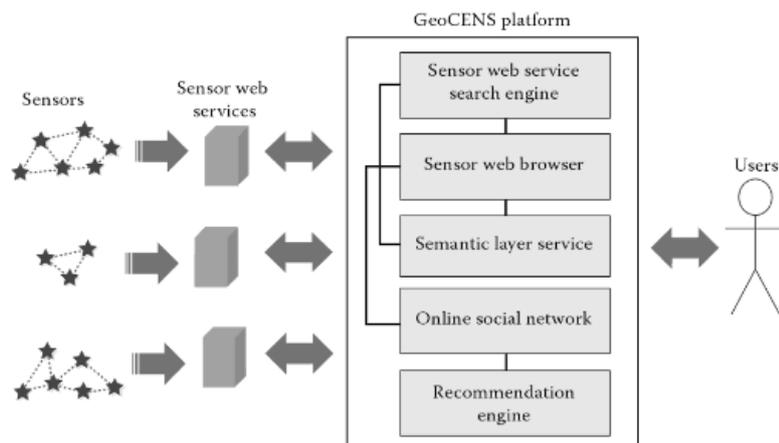


Рис. 3. Архитектура геосенсорной сети на базе платформы GeoCENS [13]

Узлы датчиков могут быть рассредоточены на большой территории и постоянно собирать данные об атмосферном загрязнении и другую необходимую информацию для определения состояния наблюдаемых точек и прогнозировать его тенденции на ближайшее время. Эта информация открывает новые возможности для лиц, ответственных за безопасное взаимодействие общества с окружающей средой.

Транспорт и промышленное производство являются основными причинами загрязнения воздуха в городской среде. Кроме того, некоторые природные условия, такие как топография, инверсия температур, влажность воздуха и ветер, могут усиливать или снижать концентрации загрязнителей воздуха. Таким образом, своевременное предоставление соответствующей информации об этих условиях, точность и надежность представления данных играют важную роль в борьбе с загрязнением воздуха, а также в мониторинге окружающей среды.

С помощью определенных методик анализа собранных датчиками данных реальным является точное по времени и местоположению прогнозирование стихийных бедствий (ураганы, землетрясения) и своевременное оповещение населения, в том числе в случае техногенных катастроф.

Интеграция геосенсорной сети с IoT, приведет к возможности доступа из любой точки мира к геопозиционированным данным об окружающей среде, что в свою очередь приведет к увеличению количества специализированных приложений, например мониторинга погоды в режиме реального времени.

Например, современные автомобили могут контролировать температуру воздуха и дороги с помощью встроенных датчиков. В настоящее время мобильные телефоны имеют GPS-датчик, акселерометр и компас, которые могут записывать аудио и видео из окружающей среды встроенным микрофоном и видеокамерами. Миниатюрные датчики давления, решения с двойным микрофоном для подавления внешнего шума и более специализированные датчики качества воздуха - все это уже начинает появляться в современных мобильных телефонах.

Низкая стоимость этих устройств и наличие их у огромного количества пользователей делает их пригодными для мониторинга окружающей среды. По сравнению с профессиональными системами они не обеспечивают высокой точности измерений, но могут дополнять их. Их количество и методы обработки данных на основе парадигмы Big Data дают возможность сделать данные пользовательских геосенсоров сопоставимыми с профессиональными и использовать в принятии решений.

Доступ в режиме реального времени или почти в режиме реального времени к данным, генерируемым любыми типами сетей геодатчиков, такими как станции мониторинга качества воздуха, смартфоны, камеры, биосенсоры или даже спутниковые изображения через Интернет, создает возможность построения «умной» системы контроля района, города, региона или

страны, в разрезе мониторинга окружающей среды, городского транспорта, здравоохранения или промышленности. Эта система поможет привести воздействие человека на окружающую среду в разумные рамки. Она также может рассматриваться как инструмент для решения глобальных проблем в рамках глобальной экосистемы групп и организаций, которые создают и используют данные наблюдений Земли (Global Earth Observation System of Systems - GEOSS) [14].

В рамках рассмотренной концепции IoT требуется, чтобы устройства получали данные измерения параметров физического мира. Устройства IoT неоднородны с точки зрения аппаратных возможностей и протоколов связи. Поэтому обеспечение интероперабельности является важным шагом для совместной интеграции различных устройств. Одним из решений этой проблемы является инициатива Sensor Web Enablement (SWE), которая представляет собой структуру открытых стандартов, обеспечивающих интероперабельное использование подключенных к веб-интерфейсу сенсорных ресурсов путем геопозиционирования, доступа, задач, а также событий и оповещений. Способность компонентов IoT для сбора данных открывает возможности создания широкого спектра приложений для мониторинга окружающей среды.

Литература

- [1]. Nittel, S. A survey of geosensor networks: advances in dynamic environmental monitoring / Sensors Journal. - vol. 9, 2009. - P. 5664-5678.
- [2]. Gartner IT glossary [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gartner.com/it-glossary/> - Дата доступа 30.03.2017.
- [3]. Gershenfeld, N., Krikorian R., Cohen D. The Internet of Things // Scientific American., - Oct, 2004. – P. 76–81
- [4]. The Open Geospatial Consortium (OGC) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.opengeospatial.org/ogc/markets-technologies/swe> - Дата доступа 30.03.2017.
- [5]. Tan, J.; Koo, S.G. A Survey of Technologies in Internet of Things // IEEE International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems, 2014. –P. 269.
- [6]. Sensor Web Enablement (SWE) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.opengeospatial.org/ogc/markets-technologies/swe> - Дата доступа 30.03.2017.
- [7]. Tamayo, A., Granell, C., Huerta, J. Using SWE standards for ubiquitous environmental sensing: a performance analysis // Sensors. – 2012. - 12(9). – P. 12026-12051.
- [8]. Bröring A., Echterhoff J., Jirka S., Simonis I., Everding T., Stasch C., Lemmens R. New generation sensor web enablement / Sensors. – 2011. - 11(3). – P. 2652-2699.
- [9]. Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT) / IEEE Standard Association [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://grouper.ieee.org/groups/2413/>. - Дата доступа 30.03.2017.
- [10]. ISO/IEC JTC 1 — Information Technology / International Organization for Standardization [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iso.org/isoiec-jtc-1.html>. - Дата доступа 30.03.2017.
- [11]. Karimi H. A. Big Data: Techniques and Technologies in Geoinformatics. - CRC Press, 2014. – 312 с.
- [12]. ISO/IEC JTC 1 - Information Technology / International Organization for Standardization [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iso.org/isoiec-jtc-1.html> - Дата доступа 30.03.2017.
- [13]. Group On Earth Observations [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.earthobservations.org/geoss.php> - Дата доступа 30.03.2017.